

SDN を利用した QoS 予測・予約による V2X 通信の信頼性向上

Improvement of V2X Communication Reliability by QoS Prediction & Reservation Using SDN

国本 典晟 / Tensei KUNIMOTO

1 はじめに

車両に搭載されたセンサで認識できる範囲は限定的であるため、周囲の車両や路側機のセンサが認識した情報を通信により共有することで、交通の安全性や効率の向上を目指す協調型自動運転の研究が行われている [1]。各車両や路側機が収集したセンサデータをサーバ上で集約し、統合した情報を車両に配信することで、車両は自車両の搭載センサでは認識できない情報を取得することができる。センサデータを集約・統合するサーバとしてインターネット上のクラウドサーバを利用する場合、膨大な数の車両からのデータをインターネットを介して扱うため、処理負荷や通信遅延が増大し、衝突危険警告や合流調停などの遅延要件を満たすことができないことが懸念される。そこで、車両とクラウドサーバの間に地理的に分散配置されたエッジサーバを利用することで、処理負荷の分散や通信遅延の軽減が期待されている [2]。

エッジサーバは自身が管轄するエリア内に存在する車両や路側機と基地局を介した通信によりデータを集約し、協調型自動運転のための処理を行う。しかし、エッジサーバまでの通信帯域で収容可能な台数以上の車両がエリア内に集中した場合、通信帯域が逼迫し、一部または全ての車両とエッジサーバの通信の遅延が増大し、QoS (Quality of Service) を保証することができないことが懸念される [3]。QoS を保証できない場合、車両は情報を遅延要件内に取得可能か判断できないまま協調型自動運転を試みることで、安全性や効率の面で重大な問題となる。本研究では、ソフトウェアを介してネットワークを一元管理する SDN を利用して、QoS の予測・予約を行うことで車両の通信の QoS を保証することを提案する。

2 提案手法

2.1 SDN を利用したネットワーク

SDN ではネットワークを構成する機器を SDN コントローラと呼ばれる制御装置を用いて集中管理を行う。本研究では、図 1 のように、複数のエッジサーバを管理する SDN コントローラを考える。SDN コントローラは地図情報に合わせて、管理するエッジサーバの位置、対象エリア、利用可能な通信帯域の情報を保持する。車両、基地局、エ

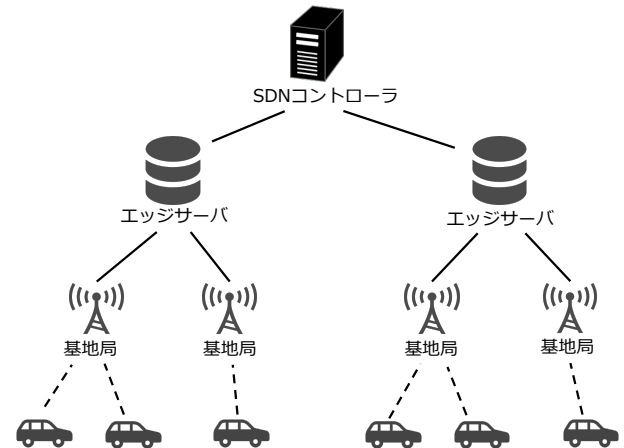


図 1: SDN を利用したネットワーク

ッジサーバが行う通信は SDN コントローラによって管理されており、車両、基地局、エッジサーバは SDN コントローラと管理に必要な情報の通信を行う。管理に必要な通信のための通信帯域は常に確保されているものとする。

2.2 QoS 予測

エッジサーバまでの通信の QoS が保証されるかを事前に予測するため、SDN コントローラは図 2 の手順で QoS 予測を行う。初めに、SDN コントローラは管理エリア内の車両から車両 ID と移動計画を集約する。次に、SDN コントローラは集約した情報から、ある時刻における各基地局の通信エリア内の車両の総台数を想定する。最後に、想定した車両の総台数と保持している利用可能な通信帯域の情報から、全ての車両の通信の QoS を保証できるかを判断する。なお、ここでは全ての車両が協調型自動運転のために同じデータサイズの通信を行うものとする。以上の QoS 予測のための手順は定期的に行われ、SDN コントローラは常に一定時刻後の QoS を予測する。

2.3 QoS 予約

QoS が保証できない場合、車両はある時刻において協調型自動運転に必要な情報を取得可能かを事前に判断できない。そこで、事前に SDN コントローラからある時刻において各車両に通信可能か否かを通知することで、QoS の予約を行う。QoS 予測の結果、全ての車両の通信の QoS が保証できると判断した場合、SDN コントローラは各車両にある時刻での QoS が予約されていることを通知する。一方、全ての車両の通信の QoS の保証はできないと判断した場

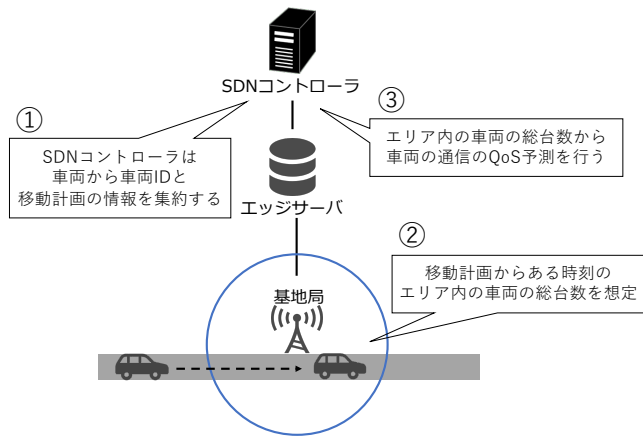


図 2: QoS 予測の手順

合, SDN コントローラは利用可能な通信帯域で QoS が保証できる台数分の車両に QoS が予約されることを通知し, 残りの車両には QoS が予約されないことを通知する. これにより, 全ての車両は移動計画の通りに走行した場合に, ある時刻において協調型自動運転のための通信の QoS が保証されているかを事前に把握することができる. QoS 予測同様, QoS 予約も定期的に行われ, 車両は常に一定時刻後の通信の QoS が予約されているか否かを把握する. QoS を予約しない車両の選択方法やそれらの車両の QoS の保証の方法については様々なものが考えられるが, 本研究では対象外とする.

3 シミュレーションによる評価

提案手法を評価するにあたり, ネットワークシミュレータである NS-3 を用いて, 図 3 に示すような車両移動モデルでシミュレーションを行う. 4 つの T 字路交差点にはそれぞれ交差点とその周囲を通信エリアとする基地局が設置されており, 基地局を 2 つずつ管轄するエッジサーバが 2 つあり, モデル内の全ての車両, 基地局, エッジサーバを管理する SDN コントローラが 1 つある. SDN コントローラは定期的に一定時刻後の QoS 予測と各車両への QoS 予約の通知を行う. 全ての車両はシミュレーション中一定速度でランダムに移動し, 移動中は定期的に QoS 予測・予約に必要な情報を通信を行う. また, 車両は QoS が予約されていると通知された場合には協調型自動運転のための通信を行い, QoS が予約されないと通知された場合には協調型自動運転のための通信を行わない.

QoS 予測・予約の有効性を検証するため, 車両とエッジサーバ間の協調型自動運転のための通信の遅延およびパケットロス率の評価を行う. 車両台数を変化させて, 提案手法における QoS が予約された車両とされていない車両での通信の遅延およびパケットロス率を測定する. QoS 予測・予約を行わず全ての車両が常に協調型自動運転のため

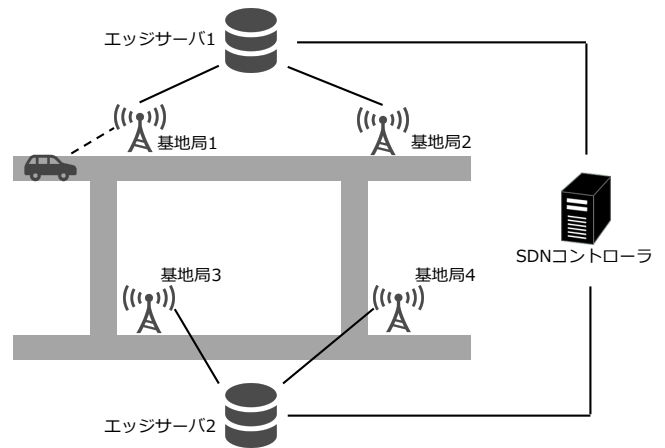


図 3: シミュレーションモデル

の通信を行う場合の通信の遅延およびパケットロス率と比較することで, 車両が集中した場合の車両の通信の QoS を評価する.

4 まとめと今後の課題

協調型自動運転においてエッジサーバの利用が検討されているが, エッジサーバまでの利用可能な通信帯域で収容可能な台数以上の車両が集中した場合に, 一部または全ての車両が遅延要件内に協調型自動運転のための情報を取得できないことが懸念される. 本研究では, SDN を利用して車両の移動計画を集約し, 基地局の通信エリア内の一定時刻後の車両の集中状況を想定することで, 全ての車両の通信の QoS を保証できるかを予測し, その結果を車両に通知することで QoS を予約することを提案した. 今後はネットワークシミュレーションによって, 提案手法を用いて車両の通信の QoS を保証できるかを評価する.

本研究では, 1 つの SDN コントローラの管理エリア内で完結する QoS 予測・予約について検討したが, 実際には他の SDN コントローラの管理エリアから進入する車両が存在するため, SDN コントローラ間で出入車両を共有する仕組みが必要であると考えている. また, 基地局の通信エリアのハンドオーバーを考慮した QoS 予測や, QoS 予約に付随する車両の移動計画や通信の制御についても検討する必要があると考えている.

参考文献

- [1] 菅沼英明, ITS・自動運転の動向と今後, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, Vol.15, No.2, pp.102-108, 2021.
- [2] Fuhui Zhou, Rose Qingyang Hu, Zan Li and Yuhao Wang, Mobile edge computing in unmanned aerial vehicle networks, *IEEE Wireless Communications*, Vol.27, No.1, pp.140-146, 2020.
- [3] Ignacio Soto, Maria Calderon, Oscar Amador and Manuel Uruena, A survey on road safety and traffic efficiency vehicular applications based on C-V2X technologies, *Vehicular Communications*, Vol.33, No.100428, 2022.